

## Method for measuring level and level sensor

**Publication number:** DE19916979  
**Publication date:** 2000-11-02  
**Inventor:** KLEMP HEINZ (DE)  
**Applicant:** SICAN GMBH (DE)  
**Classification:**  
 - international: G01F23/26; G01F23/22; (IPC1-7): G01F23/26  
 - european: G01F23/26B4  
**Application number:** DE19991016979 19990415  
**Priority number(s):** DE19991016979 19990415

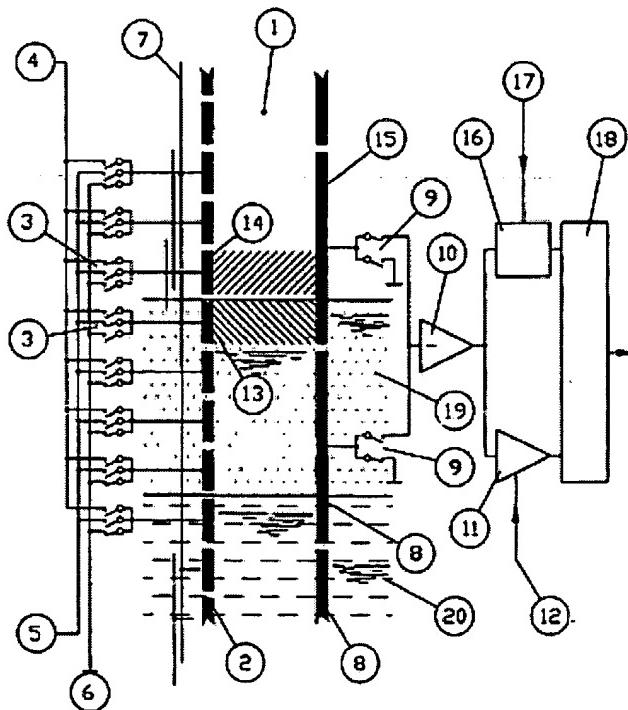
Also published as:

- [A] WO0063657 (A1)
- [A] EP1204848 (A1)
- [A] US6564630 (B1)
- [A] EP1204848 (A0)
- [A] EP1204848 (B1)

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE19916979

The invention relates to a method for measuring level with a plurality of capacitive sensors (1) arranged next to each other along a filling section. The method comprises the following steps: subjecting a sensor (1) to a measuring signal (4) and subjecting an adjacent sensor (1) to a phase-displaced measuring signal (5); measuring the resulting signals on said sensors (1); determining the phase displacement between the resulting signals; and establishing the level according to the phase displacement.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 199 16 979 A 1

⑮ Int. Cl. 7:  
G 01 F 23/26

DE 199 16 979 A 1

⑯ Aktenzeichen: 199 16 979.9  
⑯ Anmeldetag: 15. 4. 1999  
⑯ Offenlegungstag: 2. 11. 2000

⑰ Anmelder:

SICAN Gesellschaft für Silizium-Anwendungen und  
CAD/CAT Niedersachsen mbH, 30419 Hannover, DE

⑯ Vertreter:

GRAMM, LINS & PARTNER, 38122 Braunschweig

⑰ Erfinder:

Klemp, Heinz, 30916 Isernhagen, DE

⑯ Entgegenhaltungen:

DE 196 44 777 C1  
DE 31 14 678 C2  
DE 25 15 065 C2  
DE-AS 22 21 741  
DE 40 37 927 A1  
DE 39 26 218 A1  
US 54 37 184

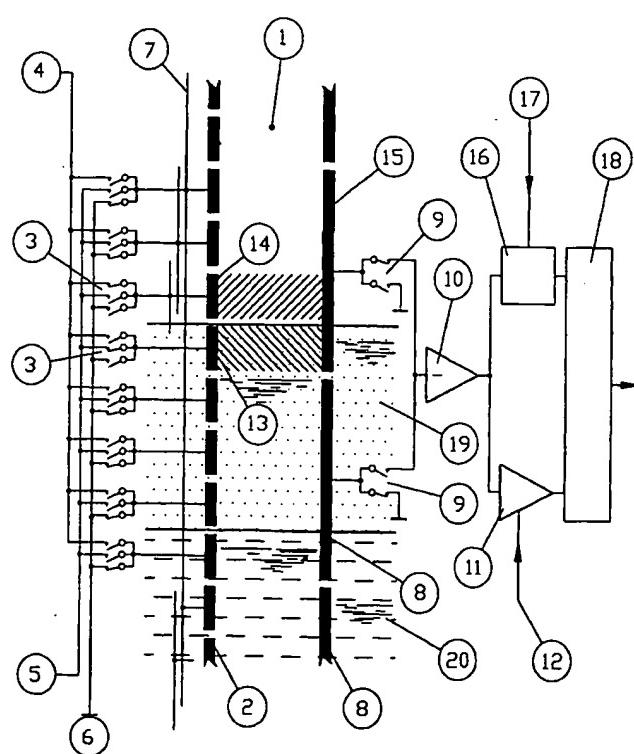
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verfahren zur Füllstandsmessung und Füllstandssensor

⑯ Ein Verfahren zur Füllstandsmessung mit einer Vielzahl nebeneinander entlang einer Füllstrecke angeordneter kapazitiven Sensoren (1) hat die Schritte:

- Beaufschlagen eines Sensors (1) mit einem Meßsignal (4) und eines benachbarten Sensors (1) mit einem phasenverschobenen Meßsignal (5)
- Messen der resultierenden Signale an den beaufschlagten Sensoren (1)
- Bestimmen der Phasenverschiebung zwischen den resultierenden Signalen, und
- Ermitteln des Füllstands in Abhängigkeit von der Phasenverschiebung.



DE 199 16 979 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Füllstandsmessung sowie einen Füllstandssensor mit einer Vielzahl nebeneinander entlang einer Füllstrecke angeordneten kapazitiven Sensoren, die aus Feldelektroden und diametral gegenüberliegenden Meßeletroden bestehen.

Füllstandssensoren werden insbesondere in Kraftstofftanks, z. B. bei Kraftfahrzeugen und Motorrädern verwendet. Aus Sicherheitsgründen haben Kraftstofftanks zumeist eine sehr irreguläre Form, wodurch herkömmliche Potentiometer-Sensoren nur beschränkt einsetzbar sind. Ihre Auflösung und Genauigkeit ist im Bereich der Restmenge oder bei vollem Tank eingeschränkt. Außerdem sind Potentiometer-Sensoren verschleißanfällig und können leicht durch mechanische Einflüsse ausfallen.

Alternativ zu Potentiometer-Sensoren sind kapazitive Sensoren bekannt. So sind z. B. in der DE-AS 22 21 741 und der DE-PS 25 15 065 Füllstandssensoren mit übereinander entlang einer Füllstrecke angeordneten Kondensatoren beschrieben, die mit Impulsen an den Feldelektroden der Kondensatoren beaufschlagt werden. Die Meßeletroden sind mit einem Differenzverstärker verbunden. Die Dielektrizitätskonstante des Mediums, in das der Füllstandssensor eingetaucht ist, beeinflußt die Kapazität der Kondensatoren. In der DE-AS 22 21 741 bilden zwei benachbarte Kondensatoren der gleichen Kapazität einen Differentialkondensator. Die Differentialkondensatoren werden der Reihe nach an ihren gemeinsamen Elektroden mit einem Impulssignal beaufschlagt, so daß das Ausgangssignal des Differenzverstärkers null ist, wenn sich beide zu einem Differentialkondensator gehörigen Kondensatoren im gleichen Medium befinden. Entsprechend ist das Differenzsignal ungleich null, wenn sich die beiden Kondensatoren in verschiedenen Medien befinden. Das Ausgangssignal des Differenzverstärkers ist mit einem Impulszähler verbunden und die Anzahl sich von null unterscheidenden Impulse ist ein Maß für die Füllhöhe.

Diese Anordnung hat den Nachteil, daß die jeweils beiden Kondensatoren, die einen Differentialkondensator bilden, exakt die gleiche Kapazität aufweisen müssen.

In der DE-OS 49 37 927 ist eine Einrichtung zur Füllstandsmessung beschrieben, bei der Kondensatoren zu einer ersten und mindestens einer weiteren Gruppe zusammengefaßt sind. Jede Gruppe enthält zwei Untergruppen von parallel geschalteten Kondensatoren. Zwei in Füllstreckenrichtung aufeinanderfolgende Kondensatoren derselben Gruppe weisen bei gleichem Dielektrikum annähernd gleiche Kapazitäten auf. Die Untergruppen einer Gruppe sind jeweils an eine gemeinsame Vergleichseinheit angeschlossen, die in Abhängigkeit von der Differenz der resultierenden Kapazitäten der Untergruppen ein digitales Vergleichssignal bildet. Als Referenzwert für die resultierende Kapazität einer Untergruppe dient die resultierende Kapazität einer anderen Untergruppe. Damit werden gleichsinnige Alterungs- und Umwelteinflüssen kompensiert.

Die Einrichtung hat den Nachteil, daß die Kondensatoren exakt die gleiche Kapazität aufweisen müssen. Außerdem ergeben sich Probleme durch parasitäre Streukapazitäten, da pro Impuls eine Reihe Kondensatoren angesprochen werden, die sich wechselseitig beeinflussen.

In der DE-PS 31 14 678 ist ein Füllstandsanzeiger beschrieben, bei dem mehrere Meßeletroden abschnittsweise zusammengefaßt und eine Auswerteschaltung zugeführt sind. Die Sensorelemente haben eine einzige Gegenelektrode. Die unterhalb eines Flüssigkeitsspiegels liegenden Kondensatoren sind durch das Dielektrikum der Flüssigkeit parallel geschaltet, so daß die resultierende Kapazität das

Maß für die Flüssigkeitsstand ist. Es ist daher ein Referenzwert zur Umsetzung der gemessenen Kapazität in einen proportionalen Flüssigkeitsstand erforderlich. Der Referenzwert ist abhängig von dem zu messenden Medium und muß bei jedem neuen Befüllen des Behälters neu kalibriert werden. Zudem treten Streukapazitäten zwischen der Gegenelektrode und den Meßeletroden sowie zwischen den Meßelektroden auf.

Die DE-OS 39 26 218 A1 zeigt eine Füllstandsmesseinrichtung, mit der der Füllstand inhomogen verteilter Medien ohne Kalibrierung eines Referenzwertes bestimmbar ist. Hierzu werden die Meßeletroden als Einzelelektroden eine Auswerteeinheit zugeführt und zyklisch sequentiell ausgewertet. Dabei wird jeder Kapazitätswert in einem Komparator mit einem Referenzwert verglichen, der für gleichgroße Elektroden gleich ist. Es ist eine einzige Gegenelektrode vorhanden, die die Behälterwand sein kann.

In der DE-PS 196 44 777 C1 ist ein Füllstandssensor beschrieben, bei dem die Meßeletroden der kapazitiven Sensoren einzeln ansteuerbar mit einer Füllstandsauswerteschaltung verbunden sind. Pro Feld sind die Gegenelektroden der entsprechenden Gruppe kapazitiver Sensoren zu einer Feldelektrode zusammengeschaltet und die Feldelektroden der Felder sind einzeln ansteuerbar mit der Füllstandsauswerteschaltung verbunden. Durch die Aufteilung der üblichen einstückigen Gegenelektroden in eine Vielzahl von Feldelektroden werden die Streukapazitäten reduziert.

Oftmals befinden sich am Boden eines Kraftstofftanks Wasseransammlungen. Zudem kann die Dielektrizitätskonstante des Mediums variieren. Hierdurch treten bei den vorgenannten Füllstandssensoren Meßfehler auf.

Aufgabe der Erfindung war es daher, ein Verfahren zur Füllstandsmessung mit einer Vielzahl nebeneinander entlang einer Füllstrecke angeordneten kapazitiven Sensoren sowie einen Füllstandssensor hierzu zu schaffen, durch den der Füllstand von Tanks einfach und zuverlässig bestimmbar ist, auch wenn der Tank mit unbekannten oder verschiedenen Medien gefüllt ist.

Die Erfindung wird durch das Verfahren mit den Schritten 40 gelöst:

- Beaufschlagen eines Sensors einem Meßsignal und eines benachbarten Sensors mit einem phasenverschobenen Meßsignal,
- Messen der resultierenden Signale an den beaufschlagten Sensoren,
- Bestimmen der Phasenverschiebung zwischen den resultierenden Signalen, und
- Ermitteln des Füllstands in Abhängigkeit von der Phasenverschiebung.

Indem die Sensoren, z. B. kapazitive Sensoren, gleichzeitig mit zwei gegeneinander phasenverschobenen Meßsignalen beaufschlagt werden, heben sich diese Signale auf, wenn sich die beaufschlagten Sensoren im gleichen Medium befinden. Hierzu ist es vorteilhaft, wenn die Meßsignale gegenphasig, d. h. um  $180^\circ$  phasenverschoben sind. Zudem sollten jeweils zwei Sensoren mit einem Signal beaufschlagt werden. Solange die Sensoren in einem Medium mit einer Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon_r < > 1$  befindlich sind, kompensieren sich die Signale in der Phase, auch wenn die Medien unterschiedlich sind.

Befindet sich ein Sensor in Luft, mit einer Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon_r = 1$ , dann tritt eine Phasenverschiebung bei dem Summensignal aus den beiden gegeneinander phasenverschobenen Meßsignalen auf, wodurch die Füllhöhe erkannt wird.

Zur Vermeidung von parasitären Streukapazitäten ist es

vorteilhaft, wenn die nicht mit einem Meßsignal beaufschlagten Sensoren auf ein Massepotential gelegt sind. Hierzu können die Meßeletroden jeweils einen Umschalter haben, mit dem sie an das Meßsignal, an das phasenverschobene Meßsignal oder das Massepotential gelegt werden können. Die Schalter können z. B. mit einem Mikroprozessor gesteuert werden.

Die Sensoren werden vorteilhafterweise entlang der Füllstrecke der Reihe nach kontinuierlich beaufschlagt, so daß die Füllstrecke kontinuierlich durchgescannt wird.

Die an den Meßeletroden der Sensoren gemessenen resultierenden Signale werden vorteilhafterweise mit einem Summierverstärker verstärkt und einem Phasenvergleicher zur Bestimmung der Phasenverschiebung zugeführt.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn zusätzlich die Amplitude des Summensignals bestimmt wird. Durch Vergleich mit einem Referenzsignal ist es hierdurch möglich, das Medium zu bestimmen, das die jeweilige Meßeletrode umgibt.

Zur Vermeidung parasitärer Streukapazitäten ist es weiterhin vorteilhaft, die Meßeletroden wahlweise mit dem Summierverstärker oder einem Massepotential schaltbar zu verbinden. Diese Schalter können wiederum durch einen Mikroprozessor gesteuert werden.

Es hat sich als besonders vorteilhaft herausgestellt, wenn eine Vielzahl von Feldeletroden entlang der Füllstrecke vorgesehen sind, die jeweils mit dem Meßsignal beaufschlagt werden können. Das resultierende Signal sollte an Meßeletroden gemessen werden, wobei für mehrere Feldeletroden jeweils eine Meßeletrode vorgesehen ist. Es ist besonders vorteilhaft, wenn jeweils vier Feldeletroden mit einer Meßeletrode zusammenwirken.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** Blockschaltbild des Füllstandssensors mit Phasen- und Amplituden-Vergleicher;

**Fig. 2** Prinzipskizze des Füllstandssensors mit beaufschlagten Sensoren, die oberhalb des Mediums sind;

**Fig. 3** Prinzipskizze des Füllstandssensors mit beaufschlagten Sensoren, die in das Medium eingetaucht sind.

Die **Fig. 1** läßt ein Blockschaltbild des erfundungsgemäß Füllstandssensors erkennen. Die kapazitiven Sensoren 1 sind im wesentlichen aus einer Vielzahl von Feldeletroden 2 gebildet, die nebeneinander entlang der Füllstrecke für ein Medium angeordnet sind. Pro Feldeletrode 2 ist jeweils ein Schalter 3 vorgesehen, mit dem die Feldeletrode 2 wahlweise mit einem Meßsignal 4, einem um 180° hierzu phasenverschobenen Meßsignal 5 oder einem Massepotential 6 verbunden werden kann. Alternativ zu der Verwendung jeweils eines Schalters 3 pro Feldeletrode 2 können auch entfernt voneinander liegende Feldeletroden 2 mit einer Busleitung 7 verbunden und gleichzeitig mit einem Meßsignal beaufschlagt werden. Dies hat den Vorteil, daß der Verdrahtungsaufwand und der Bedarf an Schaltern 3 verringert werden kann.

Diametral gegenüberliegend von den Feldeletroden 2 befinden sich Meßeletroden 8, die zusammen mit den Feldeletroden 2 als kapazitive Sensoren 1 arbeiten. Für eine Vielzahl von Feldeletroden 2 ist jeweils eine Meßeletrode 8 vorgesehen. Beispielhaft ist die Verwendung einer Meßeletrode 8 für vier Feldeletroden 2 skizziert. Die Meßeletroden 8 sind jeweils mit einem Schalter 9 wahlweise mit Massepotential oder einem Summierverstärker 10 verbindbar. Der Ausgang des Summierverstärkers 10 wird in einen Phasenvergleicher 11 geleitet, um das resultierende Meßsignal mit einem Referenzsignal 12 zu vergleichen.

Im skizzierten Beispiel befindet sich die untere Feldeletrode 13 der beaufschlagten Sensoren 1 in einem Medium und die obere Feldeletrode 14 in Luft. Aufgrund der unter-

schiedlichen Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon_r$  von Luft und dem Medium tritt eine Phasenverschiebung des an der den beiden Feldeletroden 13 und 14 gegenüberliegenden Meßeletrode 15 anliegenden resultierenden Signals auf. Das resultierende Signal wird durch den Summierverstärker 10 verstärkt und die Phasenverschiebung als Maß für den Füllstand erkannt.

Zusätzlich ist der Summierverstärker 10 mit einem Amplitudenvergleicher 16 verbunden. Hierdurch ist es möglich die Amplitude des resultierenden Signals mit einer Referenzamplitude 17 zu vergleichen und das Medium zu bestimmen, in dem sich der beaufschlagte Sensor 1 befindet.

Die resultierenden Signale des Phasenvergleichers 11 und des Amplitudenvergleichers 16 können mit einem herkömmlichen Schnittstelleninterface 18 z. B. an einen Auswerte- und Steuerungsrechner übertragen werden.

Die **Fig. 1** läßt weiterhin die Problematik in herkömmlichen Tanks erkennen, daß bei der Messung der Füllhöhe nicht nur ein Übergang von Luft zu einem Medium, sondern auch ein Übergang zwischen verschiedenen Medien erkannt wird. Beispielsweise kann sich in dem Tank Treibstoff 19 und am Boden des Tanks Wasser 20 befinden. Beide Medien sind jedoch leitend, so daß sich die Phasen der Meßsignale gegeneinander aufheben. Lediglich die Amplitude des resultierenden Summensignals kann bei einem Übergang von zwei leitenden Medien variieren. Bei dem Übergang zwischen nicht leitender Luft und einem leitenden Medium tritt hingegen eine Phasenverschiebung des Signals in Bezug auf ein Referenzsignal 12 auf, so daß eine Füllhöhe detektiert wird.

Die **Fig. 2** läßt eine Prinzipskizze des Füllstandssensors erkennen, bei dem die beaufschlagten Sensoren 1 in Luft oberhalb des Füllstandspegels 21 befindlich sind. Die zwei nebeneinanderliegenden Feldeletroden werden mit einem Meßsignal 4 und einem um 180° phasenverschobenen Meßsignal 5 beaufschlagt und das resultierende Signal an der gegenüberliegenden Meßeletrode 8 ausgewertet, nachdem es durch den Summierverstärker 10 verstärkt wurde. Wenn beide beaufschlagten Feldeletroden in Luft sind, beträgt die Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r = 1$  und es findet keine Ladungsverschiebung an dem durch die Feldeletroden 2 und die Meßeletrode 8 gebildeten Kondensators statt. Das resultierende Signal ist somit null und nicht in Bezug auf ein Referenzsignal phasenverschoben. Dadurch wird erkannt, daß sich beide beaufschlagten Feldeletroden 2 im gleichen Medium befinden.

Die **Fig. 3** läßt eine Prinzipskizze erkennen, bei dem die beaufschlagten Meßwertaufnehmer sich im gleichen Medium unterhalb des Füllstandspegels 21 befinden. Die beaufschlagten Feldeletroden 2 werden mit einem Meßsignal 4 und einem um 180° phasenverschobenen Meßsignal 5 beaufschlagt. Aufgrund der gleichen Dielektrizitätskonstanten heben sich die Signale gegenseitig auf und an der entsprechenden gegenüberliegenden Meßeletrode 8 wird ebenso wie dem Beispiel der **Fig. 2** festgestellt, daß keine Phasenverschiebung vorhanden ist.

Befindet sich jedoch eine Feldeletrode 2 oberhalb des Füllstandspegels 21 und die andere Feldeletrode 2 unterhalb des Füllstandspegels 21 im Medium, so tritt insbesondere dann eine Phasenverschiebung des resultierenden gemessenen Signals auf, wenn eine der beaufschlagten Feldeletroden 2 nur teilweise in das Medium eingetaucht ist. Die Phasenverschiebung wird gemessen und zeigt die Füllhöhe an.

Die Feldeletroden 2 werden kontinuierlich entlang der Füllstrecke z. B. mit einem Multiplexer der Reihe nach mit einem Meßsignal beaufschlagt. Wie aus den Figuren ersichtlich ist, ist die Fläche der Meßeletrode 8 größer als die der

.Feldelektrode 2, so daß die Signale mehrerer Feldelektroden 2 an einer einzigen Meßelektrode 8 bereits als Summensignal abgegriffen werden können.

Patentansprüche

5

1. Verfahren zur Füllstandsmessung mit einer Vielzahl nebeneinander entlang einer Füllstrecke angeordneten kapazitiven Sensoren (1), gekennzeichnet durch
  - Beaufschlagen eines Sensors (1) mit einem Meßsignal (4) und eines benachbarten Sensors (1) mit einem phasenverschobenen Meßsignal (5),
  - Messen der resultierenden Signale an den beaufschlagten Sensoren (1),
  - Bestimmen der Phasenverschiebung zwischen den resultierenden Signalen, und
  - Ermitteln des Füllstands in Abhängigkeit von der Phasenverschiebung.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasenverschiebung zwischen dem Meßsignal (4) und dem phasenverschobenen Meßsignal (5)  $180^\circ$  beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die nicht mit einem Meßsignal beaufschlagten Sensoren (1) auf ein Massepotential (6) gelegt sind.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren (1) entlang der Füllstrecke der Reihe nach kontinuierlich beaufschlagt werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Erkennen eines Mediums, daß die beaufschlagten Sensoren (1) umgibt, durch Summieren der resultierenden Signale und Vergleichen der Amplitude des summierten Signals.
6. Füllstandssensor mit einer Vielzahl nebeneinander entlang einer Füllstrecke angeordneten kapazitiven Sensoren (1), die aus Feldelektroden (2) und diametral gegenüberliegenden Meßelektroden (8) bestehen, dadurch gekennzeichnet, daß Schalter (3) zum wahlweisen Verbinden von ausgewählten Feldelektroden (2) mit einem Meßsignal (4), einem phasenverschobenen Meßsignal (5) oder einem Massepotential (6) vorgesehen sind, ein Phasenvergleicher (11) zum Ermitteln der Phasenverschiebung der resultierenden Signale mit den Meßelektroden (8) verschaltbar ist, und eine Steuerungseinheit vorgesehen ist, um eine Feldelektrode (2) mit einem Meßsignal (4) und eine benachbarte Feldelektrode (2) mit einem phasenverschobenen Meßsignal (5) zu beaufschlagen und eine Auswerteschaltung 50 zur Ermittlung des Füllstands in Abhängigkeit von der Phasenverschiebung vorgesehen ist.
7. Füllstandssensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils eine Meßelektrode (8) für mehrere Feldelektroden (2) vorgesehen ist.
8. Füllstandssensor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils für vier Feldelektroden (2) eine Meßelektrode (8) vorgesehen ist.
9. Füllstandssensor nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils ein Schalter (9) an den Meßelektroden (8) vorgesehen ist, um die Meßelektroden (8) wahlweise mit dem Phasenvergleicher (11) oder einem Massepotential zu verbinden.
10. Füllstandssensor nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Phasenvergleicher (11) und den Meßelektroden (8) ein Summierverstärker (10) geschaltet ist.

11. Füllstandssensor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß ein Amplitudenvergleicher (16) hinter den Summierverstärker (10) geschaltet ist, um die Signalamplitude mit einem Referenzsignal (17) zu vergleichen und das Medium zu bestimmen, das die beaufschlagten Sensoren (1) umgibt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

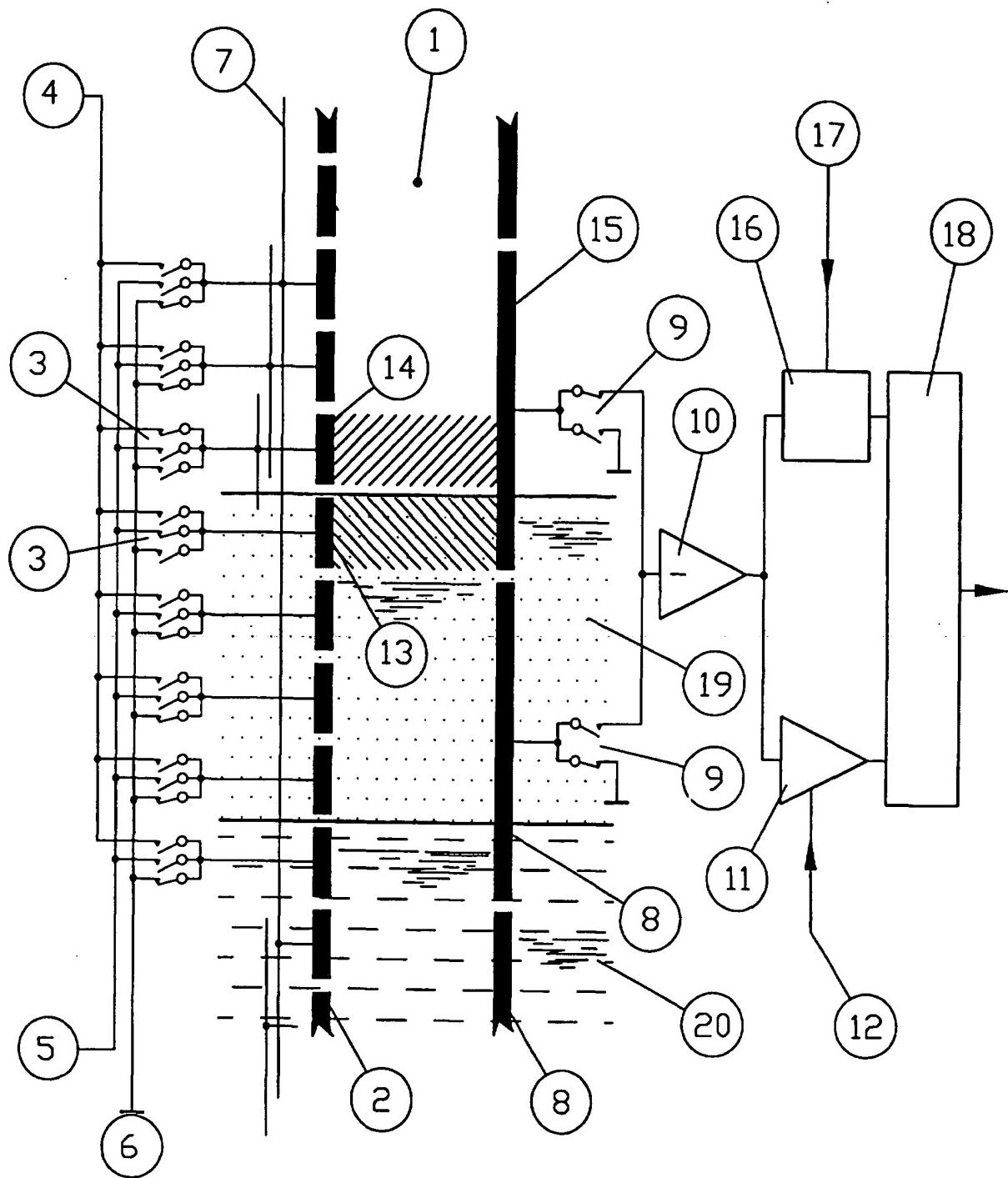


Fig. 1

BEST AVAILABLE COPY

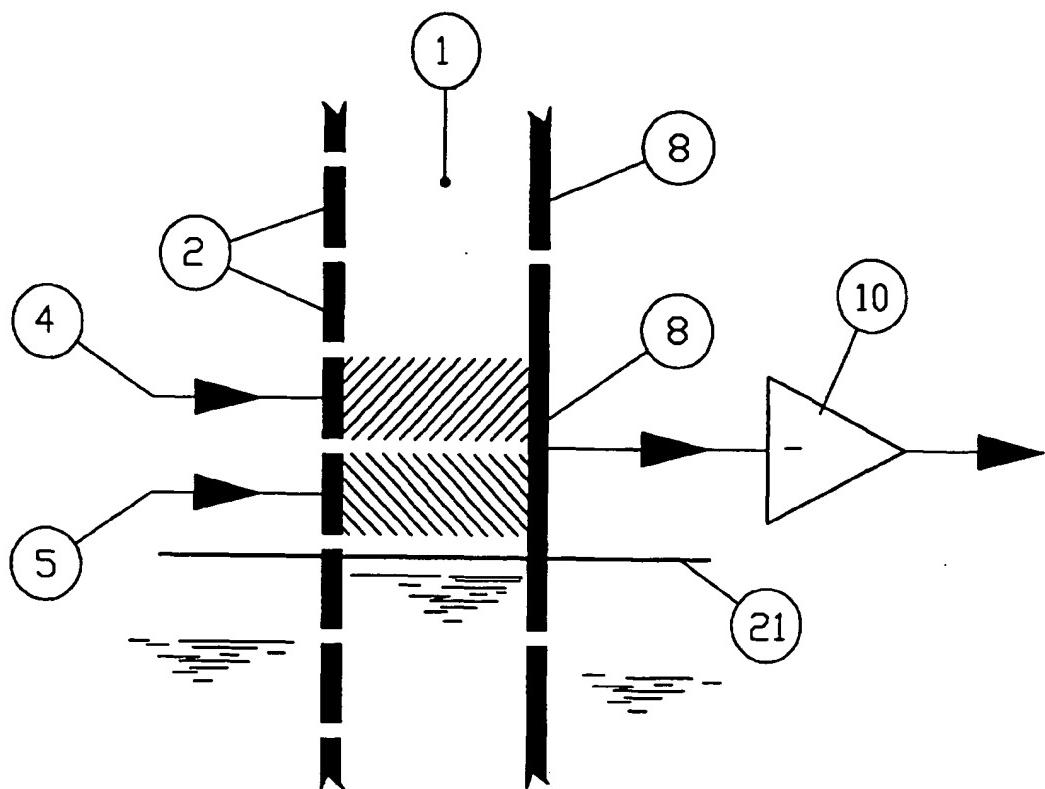


Fig. 2

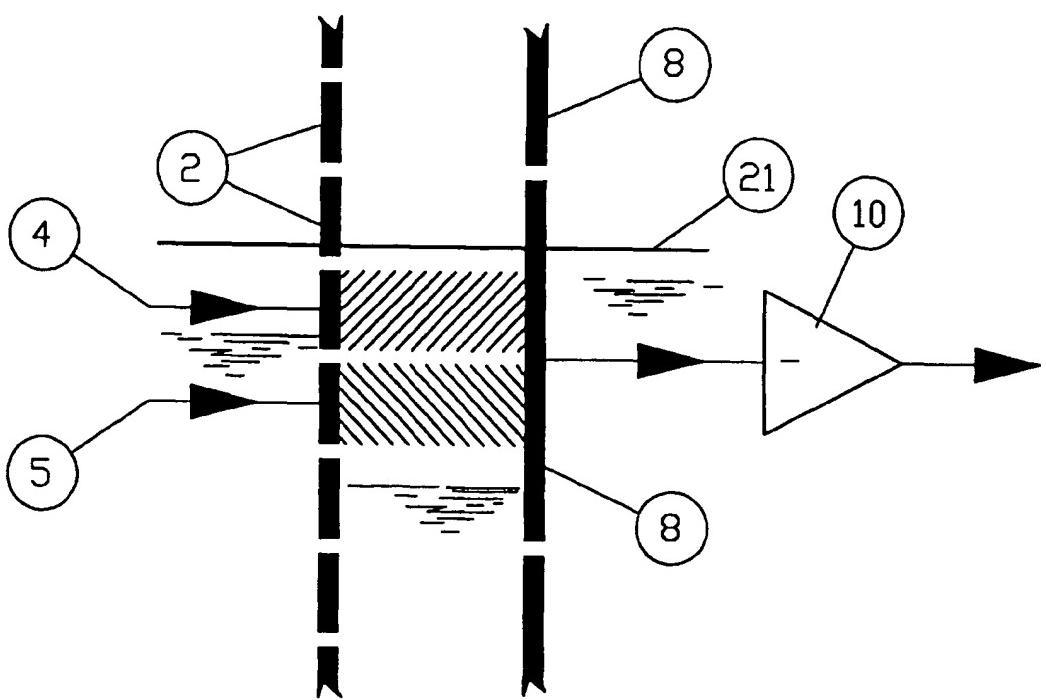


Fig. 3

BEST AVAILABLE COPY

## Electronic multi-purpose material level sensor

**Publication number:** DE69530863T

**Publication date:** 2004-01-22

**Inventor:** MCEWAN E (US)

**Applicant:** UNIV CALIFORNIA (US)

**Classification:**

- international: **E05F15/00; G01F23/284; G01S13/02; G01S13/88; G08B13/24; G01S7/282; G01S7/285; E05F15/00; G01F23/284; G01S13/00; G08B13/24; G01S7/28; G01S7/285; (IPC1-7): G01F23/284; G01S17/08**

- european: **E05F15/00B6; E05F15/00B6B2; G01F23/284; G01S13/02B; G01S13/88; G08B13/24C4**

**Application number:** DE19956030863T 19951205

**Priority number(s):** US19940359090 19941219; WO1995US15775 19951205

**Also published as:**

- WO9619715 (A1)
- EP0799407 (A1)
- US5609059 (A1)
- JP2003294517 (A)
- EP0799407 (A4)

[more >>](#)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE69530863T

Abstract of corresponding document: **US5609059**

The present electronic multi-purpose material level sensor is based on time domain reflectometry (TDR) of very short electrical pulses. Pulses are propagated along a transmission line that is partially immersed in a liquid, powder, or other substance such as grain in a silo. The time difference of the reflections at the start of the transmission line and the air/liquid interface are used to determine levels to better than 0.01 inch. The sensor is essentially independent of circuit element and temperature variations, and can be mass produced at an extremely low price. The transmission line may be a Goubau line, microstrip, coaxial cable, twin lead, CPS or CPW, and may typically be a strip placed along the inside wall of a tank. The reflected pulses also contain information about strata within the liquid such as sludge-build-up at the bottom of an oil tank.

